蝶と蛾 *Trans. lepid. Soc. Japan* **60** (1): 9–24, January 2009

関東におけるヤクシマルリシジミの発見および生態, 形態と分子解析に基づいた分散経路の推定

矢後 勝也[1]・中原 真一[2]・阿部 渉[1]・磯畑 芳樹[1]・友国 雅章[3]・上島 励[1]

[1] 113-0033 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻
[2] 113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学大学院農学生命科学研究科生産環境生物学専攻
[3] 169-0073 東京都新宿区百人町3-23-1 国立科学博物館動物研究部

A Discovery of *Acytolepis puspa* (Lepidoptera, Lycaenidae) in the Kanto district, Japan: a geographic range extension, dispersal pathway inferred from ecology, morphology and molecular analyses

Masaya YAGO[1]*, Shinichi NAKAHARA[2], Wataru ABE[1], Yoshiki ISOHATA[1], Masaaki TOMOKUNI[3] & Rei UESHIMA[1]

[1] Department of Biological Sciences, Graduate School of Science, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033 Japan
[2] Department of Agricultural and Environmental Biology, Graduate School of Agriculture and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8657 Japan
[3] Department of Zoology, National Museum of Nature and Science, Tokyo, 3-23-1 Hyakunincho, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0073 Japan

Abstract We discovered adults and eggs of a lycaenid species, *Acytolepis puspa*, at the University of Tokyo, the Kanto district, which is located far away from the northeastern limit of the species, the west area of the Tokai district. The eggs were found on *Quercus phillyraeoides* (Fagaceae). This is the first record of the species in the Kanto district.

For the purpose of clarifying the dispersal pathway of *A. puspa*, we initially examined the adult morphology and the genetic variation of this species from Japan (including Tokyo) and the Oriental region. As a result, the wing markings and genetic structure of the species from Tokyo were the same as those from the mainland of Japan, and this subspecies was identified as *A. p. ishigakiana*. Second, we surveyed all possible hostplants of the species in the university, and found that two *Rhododendron* plants (Ericaceae) had been recently transplanted from Suzuka City, Mie Pref., which is very close to the known distribution limit for the species.

The northern limit of the distribution of *A. puspa* in Mie Pref. must have reached Suzuka City, due to its spread of the distribution range by recent global warming. Most Probably, immatures of the species have been introduced from Suzuka to Tokyo, with the transplantation of *Rhododendron* plants.

Key words *Acytolepis puspa*, *Acytolepis puspa ishigakiana*, *Callenya lenya*, expansion, global warming, introduction, invasion, Lycaenidae, migration, molecular phylogeny, Polyommatini, *Quercus phillyraeoides*, *Rhododendron inducum*, *Rhododendron pulchrum*, spreading.

緒　言

シジミチョウ科のヤクシマルリシジミ *Acytolepis puspa* (Horsfield, 1828) は, 日本や台湾の他, 大陸の中国南部から西はパキスタン北東部, インド, スリランカ, さらに東南アジアのマレー半島よりスンダランドを経由して, 東はニューギニア東南海上のアル諸島, ケイ諸島付近に至る東洋区の亜熱帯–熱帯域に広く生息する. 国内では20年ほど前まで紀伊半島南部, 四国南部, 九州南部, さらには南西諸

* 連絡先 (Corresponding author): myago@biol.s.u-tokyo.ac.jp

島に分布が限られていたが (猪又, 1986), 最近では地球温暖化のためか急に分布が拡大し, 四国全県, 淡路, 中国地方西部, 対馬, 五島列島などでも定着しつつある (矢後, 2007). 北東限もここ10年で大きな変化が見られ, 三重県の志摩半島北部 (長谷川, 1999; 中西, 2000*a*; 田中, 2005) や紀伊半島内陸北部 (中西, 2004; 杉森, 2005) から東海地方の愛知県南部 (中西, 2000*a*, *b*, 2002; 菊池・戸沢, 2002; 菊池・竹内, 2006*a*; 菊池, 2005), さらには静岡県西部 (菊池・竹内, 2006*a*, *b*; 竹内, 2008) にまで分布が移動している. このような状況の中, 本種は未だ関東地方から報告されていないが, 近年の温暖化現象や寄主植物の植栽などにより, 関東へ分布を延ばしてきたナガサキアゲハ, ムラサキツバメ, ツマグロヒョウモン, クロコノマチョウ (岸, 2001; 北原ほか, 2001; 高桑, 2001; 江村, 2002; 津吹・生亀, 2008 など) のように, ヤクシマルリシジミの関東圏への侵入も時間の問題と考えられていた (岸, 2001).

2007年夏から2008年春にかけて, 東京大学では創立130周年記念を迎え, "知のプロムナード" と題した大規模な環境整備・改修工事が実施された. その際, いくつかの生物種のタイプ産地になっている三四郎池周辺を中心とした昔ながらの雑木林ついても改修の候補に挙げられていたため, 著者の上島や矢後の他, 大学教職員の数名が合流し, 本部に整備中止を求めた結果, 構内にある雑木林の改修は小規模に収まった. これを機に, 上島の呼びかけで2008年度から大学構内の生物多様性保全を目的とした同大学キャンパス内生物相調査を実施するに至った. 初年度は, 植物, 菌類, 鳥類, 昆虫類, 蜘蛛類, 陸貝類, 土壌動物を対象とし, 各分類群の研究者約30名が調査にあたった. この生物相調査の一環として, 2008年7月12日に著者ら5名の他, 東大農学生命科学研究科の久保田耕平准教授を含めた計6名を調査員とする本郷キャンパス内昆虫調査が行われ, 都心では珍しい昆虫類も少ないながら記録された. 特にチョウ類では, 近年の温暖化などにより関東に侵入してきたナガサキアゲハやツマグロヒョウモン, 外来種のアカボシゴマダラを含む計24種が確認されたが, 驚くべきことに関東圏では初記録となるヤクシマルリシジミも発見された. その後, 矢後と中原が本格的な調査に乗り出した結果, 野外撮影 (Fig. 1) を含む本種の追加記録に加え, 生態的な情報や分散経路の推測などに関するいくつかの知見が得られた.

本研究では, 著者らが東大構内にて確認したヤクシマルリシジミの全記録と確認状況を列挙するとともに, 本種の生態的知見や情報を記述する. また, 東京産ヤクシマルリシジミの由来を推定するため, 成虫の翅の斑紋による亜種の同定およびミトコンドリアDNAの塩基配列データに基づいた分子系統解析を行う. これらの結果や食餌植物の情報などを総合判断することにより, 関東圏への本種の侵入要因やその経路を議論する.

Fig. 1. A female of *Acytolepis puspa* settling on a leaf of a hostplant, *Quercus phillyraeoides*, at the University of Tokyo, Japan. The Faculty of Medicine Experimental Research Building is seen at the top left.

材料および方法

(1) 調査, 飼育および撮影

今回の調査は東京都文京区本郷および弥生にある東京大学敷地内のほぼ全域で行った. 観察したヤクシマルリシジミの詳しい日時と状況は以下の結果の項にて詳述する. 本種の調査期間および調査回数は2007年7月12日–8月10日の期間内での天候に恵まれた計14回で, 最長6時間 (10: 00–16: 00), 最短約30分 (13: 30–14: 00) の時間帯に行った.

成虫の調査方法は肉眼による目視で, 可能な場合は捕虫網を用いて採集した. 幼生期の探索では, すでに食餌植物として知られているツツジ類 (サツキ, オオムラサキツツジ), ウバメガシ, マテバシイ, アラカシ, シラカシ, サクラ類 (ソメイヨシノ, シダレザクラ), バラ類, アカメガシワ, ミズキ, フジ, さらに食樹となりうるブルーベリー, ジューンベリーの他, ネズミモチ, クロガネモチ, ヒサカキ, ソヨゴ, ヒイラギ, ナンテンなどの植物を調査した.

飼育法に関して, 温度管理は全幼生期を26°Cのほぼ一定に保った室内で行った. 人工採卵にはフジの新葉とサツキの花蕾を食餌植物として用い, これらと共に1♀を円筒状のプラスチック容器 (直径9.5 cm × 高さ16.5 cm) に入れて3日間のみ試みた. 幼生期の飼育では容器に志賀昆虫普及社製の丸型プラシャーレ (直径9 cm × 高さ3 cm) を用い, 底に (株) クレシア社製のケイドライ・ワイパー132-Sを敷いた. 幼虫期の餌用として基本的に埼玉県の久野農園で生産された無農薬サヤインゲンを縦に裂いて与えた. ただし, 一部については若齢時にウバメガシの新葉を併用した. 幼生期の観察および餌の取り代え, 清掃は午前中の10: 00–12: 00に毎日行い, 特に齢期の変化直後は日付を記録した.

撮影方法は, デジタルカメラKonica Minolta DiMAGE X50を野外撮影に使用した. 標本および幼生期の撮影では一眼レフデジタルカメラNikon D70sに専用レンズNikon AF Micro Nikkor 60 mm, デジタルカメラ用フラッシュNikon Wireless Speedlight Commander SU-800とWireless Remote Speedlight SB-R200を装着し, 状況に応じてKenko Extension Tube 12/20/36 mmを用いて記録した.

(2) 材料と形態

分子解析用の材料として, 東京で得られたヤクシマルリシジミを含む世界各地の41個体の乾燥標本および99.5%エタノール液浸標本を用いた (Table 1). このうち計27産地34個体のヤクシマルリシジミを内群として扱った. また, Eliot (1973) やEliot & Kawazoé (1983) によると, ヤクシマルリシジミが属する*Acytolepis*はヒメシジミ族Polyommatini [ヒメシジミ亜科Polyommatinaeとして扱われることもある] 内の*Lycaenopsis* sectionに含まれる. そのため, 外群として*Lycaenopsis* sectionから以下の近縁と思われる6属6種を選定した: ルリシジミ*Celastrina argiolus* (Linnaeus, 1758), サツマシジミ*Udara albocaerulea* (Moore, 1879), *Callenya lenya* (Evans, 1932), *Cebrella penelope* Eliot & Kawazoé, 1983, *Celarchus hermarchus* (Fruhstorfer, 1910), ヒメウラボシシジミ*Neopithecops zalmora* (Butler, 1870). さらに, 矢後ほか (2004) により*Lycaenopsis* sectionとは近縁とされる*Maculinea* sectionのゴマシジミ*Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779) も外群に用いた.

形態に関して, 翅表および翅裏の斑紋の比較検討は目視あるいはOlympus SZ60とLeica MZ8のビノキュラを併用した. また, 裏面斑紋に関する用語は基本的にSchwanwitsch (1949) の体系を用いた.

(3) 分子系統解析

分子系統解析用のサンプルは, 過去10年以内に採取された標本の中脚および後脚各1–2本を1.5 m*l*チューブに入れて擦り潰し, 通常用いる手順で全DNAを抽出した. その後, Whinnett *et al.* (2005) やGompert *et al.* (2006), Kato & Yagi (2004) などでチョウ類の種内多型や個体群間の関係を探るのに適切とされているミトコンドリアDNAの*COI*領域と*ND5*領域の一部をPCR法によって増幅し, ABI 3100 automatic sequencerを用いてダイレクトシーケンスにより塩基配列を決定した.

用いた試薬や詳細な方法はYago *et al.* (2008) に準拠する. プライマーの組み合わせは, *COI*領域では近年DNAバーコーディングでよく使われるFolmer *et al.* (1994) のLC01490 (5′-GGTCAACAAATCATAAAGAYA-3′) とHC02198 (5′-TAAACTTCAGGGTGACCAAAA-3′) を, *ND5*領域では八木ほか (1998) や三枝ほか (2002) によって増幅されたV1 (5′-CCTGTTTCTGCTTTAGTT CA-3′) とC2j (5′-

Table 1. Samples used in our molecular study.

Taxon Sample name	Sex	Locality	GenBank Accession No *CO1*	*ND*
In group				
Acytolepis puspa				
AP-Tokyo1	♀	The University of Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan	AB457723	AB457756
AP-Tokyo2	♀	The University of Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan	AB457724	AB457757
AP-Shizuoka1	♂	Shirasuka, Kosai City, Shizuoka Pref., Japan	AB457725	AB457758
AP-Shizuoka2	♂	Shirasuka, Kosai City, Shizuoka Pref., Japan	AB469670	AB469674
AP-Aichi1	♂	Kawajiri, Waji-cho, Tahara City, Aichi Pref., Japan	AB469671	AB469675
AP-Aichi2	♂	Kawajiri, Waji-cho, Tahara City, Aichi Pref., Japan	AB469672	AB469676
AP-Mie1	♀	Suno-cho, Kumano City, Mie Pref., Japan	AB469673	AB469677
AP-Wakayama1	♀	Izumo, Kushimoto-cho, Higashimuro-gun, Wakayama Pref., Japan	AB457726	AB457759
AP-Wakayama2	♀	Izumo, Kushimoto-cho, Higashimuro-gun, Wakayama Pref., Japan	AB457727	AB457760
AP-Awaji1	♀	Fukurahei, Minamiawaji City (Awaji Island), Hyogo Pref., Japan	AB457728	AB457761
AP-Ehime1	♂	Yoshida-cho, Uwajima City, Ehime Pref., Japan	AB462394	AB462398
AP-Ehime2	♀	Yoshida-cho, Uwajima City, Ehime Pref., Japan	AB462395	AB462399
AP-Kochi1	♀	Muroto-misaki, Muroto City, Kochi Pref., Japan	AB457729	AB457762
AP-Kumamoto1	♀	Tsunaki-machi, Ashikita-gun, Kumamoto Pref., Japan	AB457730	AB457763
AP-Miyazaki1	♂	Shimokitakata-machi, Miyazaki City, Miyazaki Pref., Japan	AB457731	AB457764
AP-Miyazaki2	♀	Shimokitakata-machi, Miyazaki City, Miyazaki Pref., Japan	AB457732	AB457765
AP-Kagoshima1	♂	Shiroyama Park, Kagoshima City, Kagoshima Pref., Japan	AB457733	AB457766
AP-Kagoshima2	♀	Osagari, Yamagawa-Toshinaga, Ibusuki City, Kagoshima Pref., Japan	AB462396	AB462400
AP-Ishigaki1	♀	Mt Yarabu, Ishigaki City, Okinawa Pref., Japan	AB457734	AB457767
AP-Ishigaki2	♀	Mt Banna, Ishigaki City, Okinawa Pref., Japan	AB457735	AB457768
AP-Taiwan1	♀	Sunglo, Taitong, Yilan County, Taiwan	AB457736	AB457769
AP-Philippines1	♀	Caylabne, Luzon, Philippines	AB457737	AB457770
AP-Hong Kong1	♂	Kowloon City, Hong Kong, China	AB462397	AB462401
AP-Vietnam1	♀	Cuc Phuong National Park, Ninh Binh Prov., Vietnam	AB457738	AB457771
AP-Vietnam2	♂	Suoi Voi, Madagui, Lam Dong Prov., Vietnam	AB457739	AB457772
AP-Laos1	♂	Nam Nga, near Lak Sao, Bolikiiamxay, Laos	AB457740	AB457773
AP-Cambodia1	♂	Mt Tom Por, near Pramaoy, Pouthisat, Cambodia	AB457741	AB457774
AP-Cambodia2	♂	Mt Tom Por, near Pramaoy, Pouthisat, Cambodia	AB457742	AB457775
AP-Langkawi1	♂	K. G. Indian, Langkawi Is., Malaysia	AB457743	AB457776
AP-Malaysia1	♂	Bukit Bintang, Terengganu, Malaysia	AB457744	AB457777
AP-Singapore1	♂	Macritchie Reservoir Park, Republic of Singapore	AB457745	AB457778
AP-Burnei1	♂	Ulu Temburong, Brunei	AB457746	AB457779
AP-Flores1	♀	Wengor, Sikka, E. Flores, Indonesia	AB457747	AB457780
AP-Ambon1	♀	Mt Tuna, Ambon Is., Indonesia	AB457748	AB457781
Out-groups				
Callenya lenya				
CL-Laos1	♂	Nam Nga, near Lak Sao, Bolikiiamxay, Laos	AB457749	AB457782
Celastrina argiolus				
CA-Wakayama1	♂	Kozagawa-cho, Higashimuro-gun, Wakayama Pref., Japan	AB457750	AB457783
Udara albocaerulea				
UA-Wakayama1	♂	Kozagawa-cho, Higashimuro-gun, Wakayama Pref., Japan	AB457751	AB457784
Cebrella penelope				
*Ceb*P-Philippines1	♂	Mt Halcon, Mindoro Is., Philippines	AB457752	AB457785
Celarchus hermarchus				
*Ce*H-Philippines1	♂	Tagaytay, Luzon, Philippines	AB457753	AB457786
Neopithecops zalmora				
NZ-Iriomote1	♀	Iriomote Is., Taketomi-cho, Yaeyama-gun, Okinawa Pref., Japan	AB457754	AB457787
Maculinea teleius				
MT-Nagano1	♀	Shirakaba Lake, Chino City, Nagano Pref., Japan	AB457755	AB457788

CTAAAATTAWATCYTTAGARTAGAAYCC-3')をそれぞれ使用した. アライメントにはSe-Al Sequence Alignment Program v1.d1. (Rambaut, 1996) を用い, ギャップの見られない *COI* (665 bp) と *ND5* (414 bp) の塩基配列データから系統解析を実行した (Table 1). 分子系統樹は *PAUP**4.0b10 (Swofford, 2002) を用いた近隣結合法 (NJ) および最節約法 (MP), さらにはMrBayes 3.1.2を用いたBayes解析 (Ronquist & Huelsenbeck, 2003) により構築した. NJ法では, Kimura 2-parameter distanceにより系統樹を作成した. MP法では, Heuristic searchのStepwise-Addition Optionsによるランダム1,000回反復試行から導いた. 各枝の信頼性はNJ, MPでそれぞれ100,000回, 1,000回のブートストラップ解析 (Felsenstein, 1985) から算出した. Bayes解析では, MrModeltest 2.2 (Nylander, 2004) によって選択された最適モデル (GTR+I+G) から系統樹を導いた. また, この系統樹はマルコフ連鎖モンテカルロ反復法での100世代ごとに1つの樹形を抽出しながら, 1,000,000世代の繰り返しで得られた樹形のうち、最初の25 %を除外して構築された. Rootを付けるための外群として, NJ, MPではゴマシジミとヒメウラボシシジミの2種を, Bayes解析ではゴマシジミの1種のみを指定した. 最終的な系統樹はBayes解析で得られた事後確率を伴う樹形に, NJおよびMPで得られたブートストラップ値を各枝に付けて表した. これらの解析法はYago *et al*. (2008) とほぼ同様で, 詳細は本論文を参照されたい.

結　果

(1) 調査結果

2008年7–8月の計14回での調査のうち, 採集, 観察されたヤクシマルリシジミのステージ, 個体数, 日時, 天候, 採集者, 発見状況などを以下に記述する.

・1♀, 12. vii. 2008 (晴; 13: 45), 矢後・阿部・磯畑・友国

東大本郷キャンパス中央にある三四郎池北側の周回遊歩道上 (Fig. 2) にて, 約2 mの高さを飛翔中の1♀を採集した (Figs 10, 11). 採集地点の頭上付近には花穂が終わりかけたアカメガシワが見られた. また, そこから5 mほど東側には満開の花を咲かせたネズミモチが数本立ち並んでいた. 本個体はかなり新鮮で, その後3日間だけ採卵を試みた.

・1♂ (観察), 13. vii. 2008 (晴; 12: 30), 矢後

三四郎池の南西側にある雑木林上を南東から北西へ飛翔する個体を観察した. 飛翔高度は約5 mで, おそらく探雌行動と思われる. 東大キャンパス内にはよく似たルリシジミも生息しているが, 色合いから本種と判断した.

・1♂ (観察), 15. vii. 2008 (晴; 13: 35), 矢後

7月13日に目撃した場所とほぼ同じ位置で本個体を観察した. 飛翔行動も同様であった.

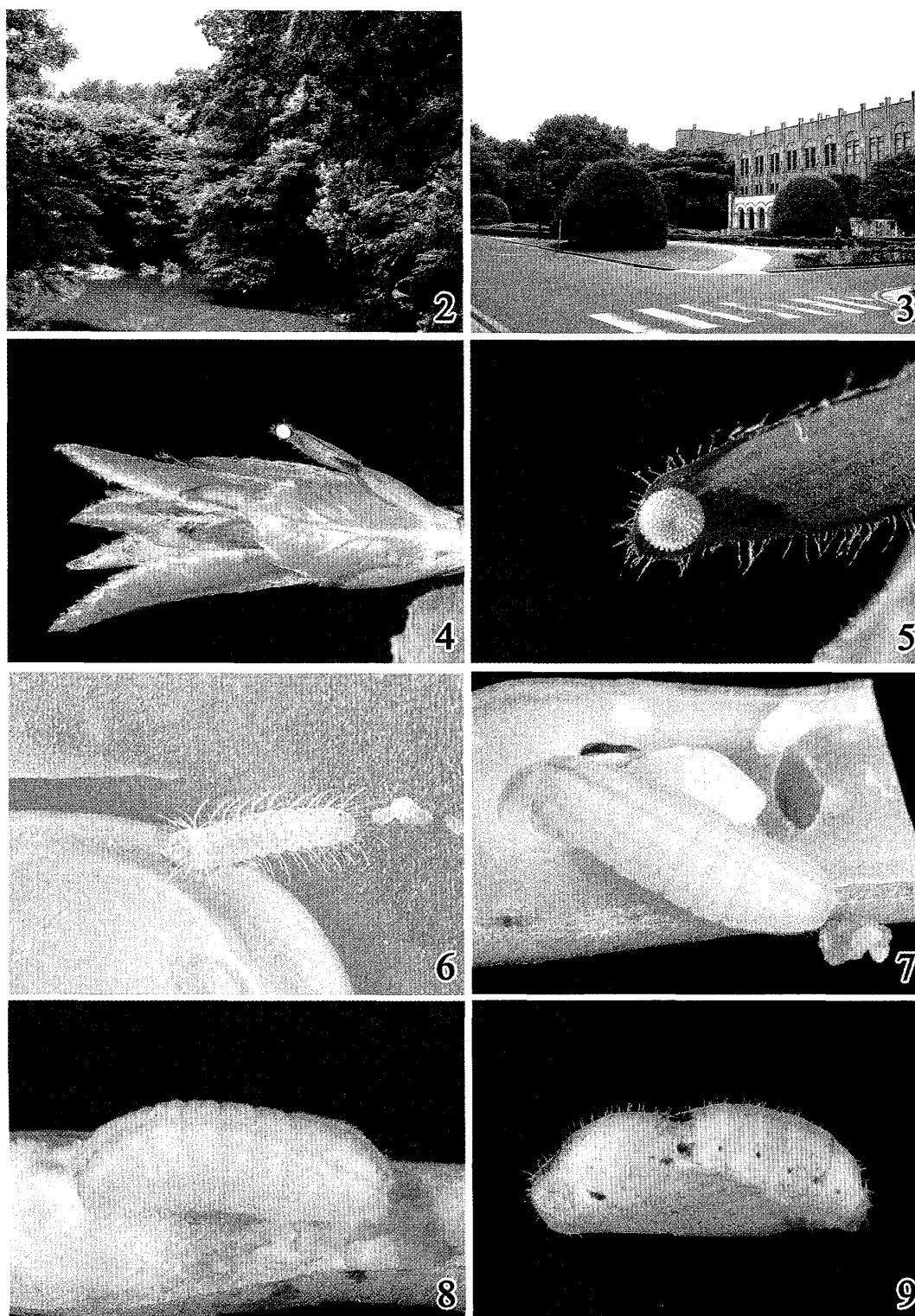
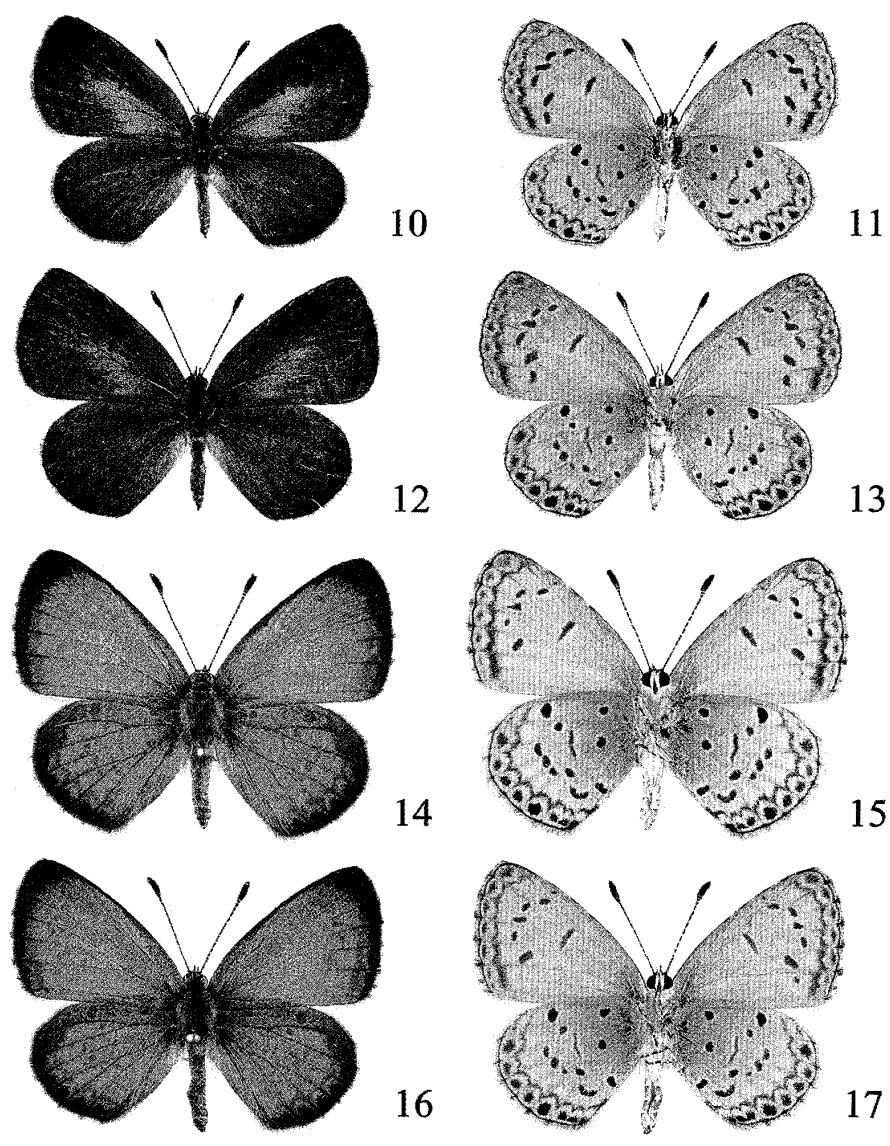
・2♀ (1♀観察), 28. vii. 2008 (晴時々曇; 13: 50–14: 00), 矢後

赤門をくぐって正面の医学部本館2号館前にある公園内 (Fig. 3) にて, ウバメガシにまとわりついている個体を発見した (Fig. 1). 高さ1–2 mの位置で緩やかな飛翔と静止を繰り返していたため, 産卵行動を取っているものと思われた. ウバメガシの高さは5–6 mで, 定期的に刈り込みが施されているため, 所々から新葉が生えていた. 目撃した2♀のうち, 1♀は捕獲 (Figs 12, 13) したが, もう1♀は撮影 (Fig. 1) 後に遠方に飛び去った. この公園は最初に本種が発見された三四郎池のすぐ南側に位置する.

・2卵, 1卵殻, 28. vii. 2008 (曇; 15: 30–16: 00), 矢後・中原

医学部本館2号館前の公園北東部 (Fig. 3) の隅にあるウバメガシから2卵を発見した. 1卵は高さ約2.5 mから伸びた新葉の葉表, もう1卵 (Figs 4, 5) は高さ1 mほどの新葉の横に付く鱗片に産卵されていて, いずれもウバメガシの北東の位置に限られていた. 卵殻は公園内の北西角にあるウバメガシの高さ1 mで見られ, やはり北東の位置に産卵されていた. この食樹の北東の位置は, ちょうど♀の産卵行動が観察された暑い時間帯に日陰となるだけでなく, 柔らかい新葉の生えた枝が多く見られた.

・1♀, 1卵, 29. vii. 2008 (晴; 1♀ 10: 55, 卵 11: 30), 中原

1♀は三四郎池ほとりの南側に造られたフジ棚の上で観察され, 産卵行動のためか, 約2 mの高さを緩

Figs 2–9. Habitat and immature stages of *Acytolepis puspa* at the University of Tokyo, Japan. 2. Sanshiro Pond, the first place where *A. puspa* was collected in the university. 3. A garden of the Faculty of Medicine, where adults and eggs of *A. puspa* were collected. Several trees of a hostplant, *Quercus phillyraeoides*, are planted in the garden. 4. A stem with leaves on which an egg was laid. 5. Magnified egg, dorsolateral view. 6. First instar larva, dorsolateral view. 7. Final instar larva (green form), dorsolateral view. 8. Final instar larva (yellow form), dorsolateral view. 9. Pupa, lateral view.

Figs 10–17. Adults of *Acytolepis puspa* collected at the University of Tokyo, Japan. 10. Female (wild), upperside. 11. *Ditto*, underside. 12. Female (wild), upperside. 13. *Ditto*, underside. 14. Male (reared), upperside. 15. *Ditto*, underside. 16. Male (reared), upperside. 17. *Ditto*, underside.

やかに飛翔していた. 1卵は医学部本館2号館前公園内の南西角にあるウバメガシの高さ約2 mから伸びた新葉の葉裏で発見され, これも北東の位置に産卵されていた.

・1♀ (観察), 29. vii. 2008 (曇; 13: 30), 矢後・中原

同日に1卵が発見された医学部本館2号館前公園内 (Fig. 3) の南西角のウバメガシで目撃された. 高さ2–3 mの位置を上下に飛翔または静止を繰り返しながら, 1本のウバメガシを2回ほど周回した後, 東側方面へ飛び去った.

(2) 飼育経過

7月12日に採集した1♀を用いて, フジの新葉およびサツキの花蕾で採卵を試みたところ, 2日後にフ

ジの新芽に5卵, サツキの花蕾に1卵の計6卵が産卵された. 採卵成功を確認したため, この個体は翅を傷める前に標本とした. これらの卵は2–3日後にすべて孵化した. その後, 1頭は1齢後期に死亡したが, 残りの5個体は順調に成育した. 全幼虫期にサヤインゲンを餌として与えていたが, 1齢時の体色は黄緑色 (Fig. 6), その後の2–終齢時では4個体が幼虫期を通じてサヤインゲンと同様の緑色 (Fig. 7), 1個体が黄色 (Fig. 8) を呈していた. 蛹 (Fig. 9) は淡黄褐色で全体に茶褐色の小斑点が散布し, 背中線には黒色および淡茶褐色の線が現れ, 黒斑が胸部側域, 第3腹節背域, 第2–3, 9腹節側域に, 小黒点が第2–3腹節側域に並んでいた. また, 蛹の表面は, 腹面と翅部を除き全体的に微細な刺毛に覆われていた.

ウバメガシから発見された3卵 (Figs 4, 5) も無事に孵化し, 2齢までそのままウバメガシの新葉を与えたところ, これを食べ続けていた. 2齢後期からサヤインゲンに切り換えたが, 問題なく成育した. 幼虫の体色はすべて緑色型で, 蛹も野外採卵の飼育個体と同様であった.

詳しい飼育経過をTable 2に示す. 各齢期での平均日数を算出したところ, 卵期約2.8日 (n=6) [野外採集を除く], 1齢期3日 (n=8), 2齢期約2.8日 (n=8), 3齢期3.5日 (n=8), 終齢期約4.4日 (n=8), 前蛹期約1.4日 (n=8), 蛹期約8.4日日 (n=8) となった. 卵採集個体の卵期を3日に設定したデータも含めると, 卵から羽化までは平均25.9日 (n=8) を要した. 成長速度に性差はほとんど生じなかったが, 各個体間では蛹期でのずれ幅が最も大きく, 最大4日の差が見られた.

(3) 翅形・斑紋の形態

東京大学構内で得られた野外個体3♀の斑紋 (Figs 10–13) に関する特徴を述べると, 翅表の淡青色部は減退し, その淡青色部の色彩自体も暗い. そのために地色の黒褐色部の面積は広く, この傾向は特に前翅で顕著である. また, 国外の亜種によく見られる前翅中央部および後翅亜翅頂部の白斑は現れない. 裏面の地色は明るい灰白色で, 高温期に得られた個体にも関わらず, 前後翅の黒点列は全体的に小さい. 特に各亜種の分類にも用いられる前翅裏面の外中央黒点列はほぼ規則的に並び, その各室の黒点では消失は見られず, 各黒点は円に近い楕円形となる. また, この外中央黒点列が著しく亜外縁弦月形紋列に近づくようなことはない.

今回の調査では, 亜種決定の信頼性をより高められる♂の野外個体が得られていないが, 飼育個体4♂が羽化している. これらの♂個体 (Figs 14–17) を検討すると, 翅表は少し紫味のある明るい青色で, 前翅表面の外縁黒帯は割と狭く, 翅頂で1.8–2.5 mm, 後角でおよそ0.6–0.8 mm (n=4) となり, 前翅表面の中央部および後翅表面の亜翅端中央部に白斑が現れない. 後翅表面の亜外縁黒点列は外縁黒帯と完全に融合して半円形列が黒帯から突出した様相を示し, 裏面の地色および斑紋は♀野外個体とほぼ同様となる, などの特徴が見られる. 飼育個体の♀については, 野外個体と比較して斑紋, 大きさともに特記すべき差異は認められない.

前翅長: 野外♀13–14 mm (n=3), 飼育♂13–14.5 mm (n=4), 飼育♀13.5–15 mm (n=4).

(4) 分子系統解析

計27産地34個体のヤクシマルリシジミと7属7種の近縁種を含む計41のサンプルの*CO1* (665 bp) および*ND5* (414 bp) 領域の塩基配列では, 欠失も挿入も見られなかった. このうち, 2つの領域を合わせた

Table 2. Development of immatures of *Acytolepis puspa* reared in July–August 2008 under a constant temperature (26°C).

Individual No.	Egg	First instar	Second instar	Third instar	Final instar	Prepupa	Pupa	Adult eclosion	Sex
1	14.vii.2008	16.vii.	19.vii.	21.vii.	24.vii.	29.vii.	30.vii.	6.viii.2008	♀
2	14.vii.2008	17.vii.	20.vii.	23.vii.	26.vii.	30.vii.	31.vii.	8.viii.2008	♀
3	14.vii.2008	17.vii.	20.vii.	23.vii.	27.vii.	31.vii.	1.viii.	8.viii.2008	♂
4	14.vii.2008	17.vii.	20.vii.	22.vii.	26.vii.	31.vii.	1.viii.	9.viii.2008	♂
5	14.vii.2008	17.vii.	20.vii.	23.vii.	27.vii.	31.vii.	1.viii.	10.viii.2008	♀
6	14.vii.2008	17.vii.	Death						
7	28.vii.2008	30.vii.	2.viii.	4.viii.	7.viii.	11.viii.	13.viii.	21.viii.2008	♂
8	28.vii.2008	30.vii.	2.viii.	5.viii.	8.viii.	12.viii.	14.viii.	23.viii.2008	♀
9	29.vii.2008	31.vii.	3.viii.	7.viii.	10.viii.	15.viii.	17.viii.	28.viii.2008	♂

塩基配列で13のハプロタイプを確認した. また, 4種類のハプロタイプで重複したものが認められ, それぞれ18個体と3個体, 2個体, 2個体であった. ほとんどの塩基置換はそれぞれ同じコドン位置で起こっていることから, 多重置換によるバイアスはほとんどかかっておらず, 系統樹作成とその信頼性に大きな影響はないと判断された. 系統解析は重複を除いた計20のOTUを用いて実行した.

この結果, *CO1* と *ND5* の塩基配列データから得られた系統樹は, 各解析法ともそれぞれほぼ同じ樹形を示した. また, *CO1+ND5* (1,079 bp) の塩基配列によって導かれた系統樹と比較しても, 樹形に大きな違いは見られなかった. Fig. 18は *ND5+CO1* の塩基配列に基づいてBayes法による解析から得られた系統樹である. 各nodeにはNJ法とMP法によるブートストラップ確率, Bayes法による事後確率を示した. この系統樹によると, ヤクシマルリシジミの単系統性はブートストラップ確率100 (NJ) , 98 (MP) と事後確率100 (Bayes) という高い値で支持された. 本種内は主に6つのクラスターで表され, 日本本土の個体群はいずれも同一の塩基配列であったために単系統性が強く支持された他, 大陸の個体群はほぼ単系統としてのまとまりが見られた. 唯一, マレーシア産の個体は東南アジア島嶼のものとクラスターを組んだ. 東南アジア島嶼の個体群は地理的なまとまりが見られず, 複数のクラスターに錯綜して表された. また, *Callenya lenya* がヤクシマルリシジミの姉妹群として構成され, この姉妹群同士を構成する単系統群のブートストラップ確率 (NJ, MP) および事後確率 (Bayes) もそれぞれ100というかなり高い値で支持された. この系統樹を基に以下, 原産地および分散経路の考察を行う.

考　察

(1) 野外での生息状況と飼育による幼生期からの知見

今回, 東京大学構内にて関東初記録となる2♂5♀の成虫および3卵のヤクシマルリシジミが観察された (Figs 1, 4, 5, 10–13). このうち, マメ科のフジとブナ科のウバメガシの付近で♀の産卵行動と思われる動作が見られたが, 実際に卵が確認されたのはウバメガシの新芽のみであった (Figs 4, 5). 成虫が確認された時期を整理すると, 7月中旬に♂が観察, 同じく7月中旬に鮮度の良い♀が捕獲, 7月下旬に鮮度の落ちた♀が観察または捕獲されたが, その後は8月中旬現在まで確認されていない. つまり夏場でも発生時期が揃っていて, 大きなばらつきがほとんど見られない. 特定の越冬態を持たない本種がもし今年より前に侵入していたとすれば, 冬を越した時点で様々なステージのものが出現することになり, 夏場ではなおさら発生期の波が現れないはずである. このことから, 東大構内で得られた本種は今年になって侵入した少数個体からの継続的な発生であると考えられる.

最初に発見された1♂による人工採卵で得られた6卵と野外で得られた3卵から飼育を試みたが, 26°Cでの飼育条件下では卵期から羽化までおよそ26日であった (Table 2). この飼育状況から発生消長を推定すると, もし発生が継続できれば, 8月以降の年内に2–3化の発生が見込まれる. ただし, 著者らが調べた限りでは, 秋以降に移行できる栽培バラ類やノイバラ類 (愛知県, 静岡県における秋–晩秋の主要食樹; 菊池・戸沢, 2002; 菊池, 2005; 菊池・竹内, 2006*b*) のような食餌植物が, 東大構内にはほとんど見られない. 構内に多いツツジ科植物の新葉などに移行できなければ, 同地での継続的な発生は難しいかもしれない.

また, 幼虫期の飼育において同じ餌を与えていたにも関わらず, 幼虫の体色に緑色型と黄色型の2型が見られた (Figs 7, 8). 福田ほか (1984) によると, “終齢の体色は緑色のものが多いが, 食樹などにより多少異なり・・・” とある. しかし, 今回の飼育に用いた餌は, 全幼虫期で一定 (主に緑色のサヤインゲン) であったことから, 幼虫の体色は食餌植物の色に依存するだけでなく, 遺伝的要因も含まれているらしいことが新たに判明した.

(2) 斑紋による亜種の同定

Eliot & Kawazoé (1983) の分類によると, ヤクシマルリシジミは日本から台湾, 中国南部, インドシナを経て, インド, スリランカ, さらにはフィリピン, マレー半島からマラッカ諸島やアル諸島に至る東洋区にかけて20亜種が知られている. 各亜種の分類形質として重要視される斑紋の特徴に注目して, 今回得られた野外個体3♀と飼育個体4♂4♀ (Figs 10–17) を検討すると, 1) ♂翅表はわずかに紫味を帯びた明るい青色, 2) ♂翅表の前翅外縁黒帯の幅は比較的狭い, 3) ♂♀とも翅表の前翅中央部および後翅中央部 (あるいは亜翅頂部) に白斑や白色部が現れない, 4) ♀翅表の淡青色部の面積は小さく減退する傾向にある, 5) 前後翅裏面の黒点は全体的に小形, 6) 前翅裏面の外中央黒点列はほぼ規則的に配列す

Fig. 18. Molecular phylogeny of *Acytolepis puspa*. The topology shows the Bayesian tree based on the *CO1* (665 bp) and *ND5* (414 bp) regions of mtDNA using the program MrBayes 3.1.2. Identical sequences were treated as a single OTU. Five species of the *Lycaenopsis* section and one species of the *Maculinea* section *sensu* Eliot (1973) were also used in our analyses. The tree is rooted on *Maculinea teleius*. Numbers indicate bootstrap values from NJ (top left) and MP (top right) analyses, and posterior probabilities from Bayesian analysis (bottom). Only bootstrap values >50 % and Bayesian posterior probabilities >90 are shown. Branch lengths represent nucleotide substitutions per site.

るとともに, 亜外縁弦月形紋列に強く寄ることはない, 7) 前翅裏面の外中央黒点列は大きく乱れず, 各黒点は著しく楕円形 (特に $M^1 2$) となることはない, 8) 前翅裏面の $M^1 9$ および後翅裏面の $M^2 7$, $M^2 1b$ の黒点は明瞭, などの特徴が見られる. これらの特徴から判断すると, 東京産の個体は日本産亜種 *ishigakiana* (Matsumura, 1929) と同定される. 特に♂翅表の前翅中央部に白色部が見られない状態は, *ishigakiana* および台湾亜種 *myla* (Fruhstorfer, 1909) の特徴であるが, *myla* の♀には前翅表面に大きな白斑があることで, *ishigakiana* と区別される. 一方, ♀翅表の前翅中央部に白色部が見られない特徴は, *ishigakiana* およびセレベス亜種 *kuehni* (Röber, 1886) の分類形質であるが, 一般に *kuehni* では後翅表面中央部に小さな白斑が現れる. また, *ishigakiana* に見られる裏面の黒点が全体的に小形となる特徴は, 近隣の大陸産亜種 *gisca* (Fruhstorfer, 1910) などとは大きく異なる点である.

(3) 分子系統地理に基づいた原産地の推定

国内の14産地20個体および国外各地の13産地14個体のヤクシマルリシジミを用いたミトコンドリアDNAの*CO1*, *ND5*領域における塩基配列に基づいた今回の分子解析 (Fig. 18) によると, 本種は1) シンガポール, 2) フィリピン, 3) マレーシア＋フローレス, 4) ブルネイ＋アンボン, 5) 石垣＋台湾＋香港＋ベトナム＋カンボジア＋ラオス＋ランカウイ, 6) 東京＋静岡＋愛知＋三重＋和歌山＋淡路＋愛媛＋高知＋熊本＋宮崎＋鹿児島, の大きく6つのクラスターに分かれた. 東京産の個体はミトコンドリアDNAの*CO1*, *ND5*領域とも紀伊半島, 四国, 九州からなる日本本土産の個体と完全に一致していたことから, 今回東京大学構内で得られた個体は, 少なくとも日本本土のものと同一であることが明らかにされた. この結果は, 翅の斑紋によって*ishigakiana*と分類した亜種の同定結果と矛盾しない. また, 同じ日本産でも琉球列島の石垣島産の個体は, ミトコンドリアDNAでは日本本土産より台湾産や大陸産と近縁である結果が得られた.

一方, 国外産では大陸よりも東南アジア島嶼あるいは島嶼に近いマレー半島のものの遺伝的多様性が高く, 枝の長さで表される遺伝的距離も大きかった (Fig. 18). 今回の解析ではサンプル数が少ないので明言はできないが, おそらく東南アジア島嶼では島々の地理的分断から生じた多くのミトコンドリアハプロタイプが本種内に蓄積され, これらが気候変動や地理的融合による分散によって混じり合い, 現在では島嶼を中心とした東南アジア各地にハプロタイプの多型が存在しているものと推定される.

ちなみに, 今回用いたサンプルから示された系統樹では, ヤクシマルリシジミと*Callenya lenya*とが互いに姉妹群関係を構成し, この関係は非常に高いブートストラップ値および事後確率で支持された (Fig. 18). ヤクシマルリシジミが属する*Acytolepis*の下唇鬚は, 全体的に白鱗で覆われながらも刺毛状の黒鱗がまばらに突出する点において*Callenya*と共通していることから (Eliot, 1992), この形質状態が両属間の共有派生形質となるかもしれない.

(4) 分散経路の推定

翅の斑紋による亜種同定と分子系統解析による結果から, 東京産の個体は日本本土内の移動によって分散したことがほぼ明らかにされた. そこで, 東京への分散方法およびその経路を考えてみると, 1) 北限付近からの分布拡大による飛来発生, 2) 生息地からの人為的な導入による発生, の2つの仮説が推測される.

第1の仮説である分布拡大に伴う飛来発生を検討してみると, 約20年前の本種の国内分布は紀伊半島南部から四国南部, 中国地方西部, 九州南部, 南西諸島に至る温暖な地域に限られ, 三重県南部 (猪又, 1986) がその北東限であった (Fig. 19). ところが, おそらく温暖化現象によって, 近年では分布が北上, 東進しており, 1989年に紀伊半島西岸の大阪府南部 (小野, 1990), 1993年に淡路島 (松野・小野, 1994) から幼生期が記録されると, 同時に紀伊半島東部の三重県側でも分布が北上し, 1992年以降の三重県では志摩半島北部 (長谷川, 1999; 中西, 2000*b*; 田中, 2005) ・松坂市 (長谷川, 1999)・名張市 (杉森, 2005)・飯高町 (中西, 2004), 1999年以降には愛知県南部の知多・渥美半島 (中西, 2000*a*, 2002; 菊池・戸沢, 2002; 菊池, 2005; 菊池・竹内, 2006*a*), 2004年には奈良県東吉野村 (中西, 2004), さらに2005年には静岡県西部まで分布が拡大し (菊池・竹内, 2006*a*, *b*; 竹内, 2008), この付近が2008年現在の分布北東限とされている (Fig. 19). しかし, 未だ静岡県東部からの記録はなく, 神奈川県でも確認されていない. 自然の飛来発生の仮説を完全に棄却はできないが, 静岡県と東京都の間に位置し, チョウ類の研究者が多い神奈川県でさえ未記録ということは, 現在の北東限とされる静岡県西部から230 km離れた東京に産する個体が自然分散に由来する可能性は低いと思われる.

もう一つの人為的導入による仮説を検証してみると, 昨年から今年にかけて, 東京大学構内では "知のプロムナード" と題した創立130周年記念事業により大規模な整備が施行され, その際にいくつかの生垣用植物が植栽された. これらの移植された植物のうち, 木本植物の種類に注目すると, 造園業3社により, サツキ, オオムラサキツツジ, ブルーベリー, ジューンベリー, ウバメガシ, ネズミモチ, ヒサカキ, ソヨゴ, ヒイラギ, ナンテンの計10種が植栽されたことが判明した. ヤクシマルリシジミの食樹となりうるのは, ツツジ科のサツキ, オオムラサキツツジ, ブルーベリー, バラ科のジューンベリー, ブナ科のウバメガシと考えられたため, これら5種の植栽時期と経路についても調査した. ツツジ属のサツキ, オオムラサキツツジは2007年10月と2008年4月に三重県の鈴鹿市およびその周辺のものが植栽され, ブルーベリー, ジューンベリーは2008年7月に埼玉県川口市安行から, ウバメガシは2008

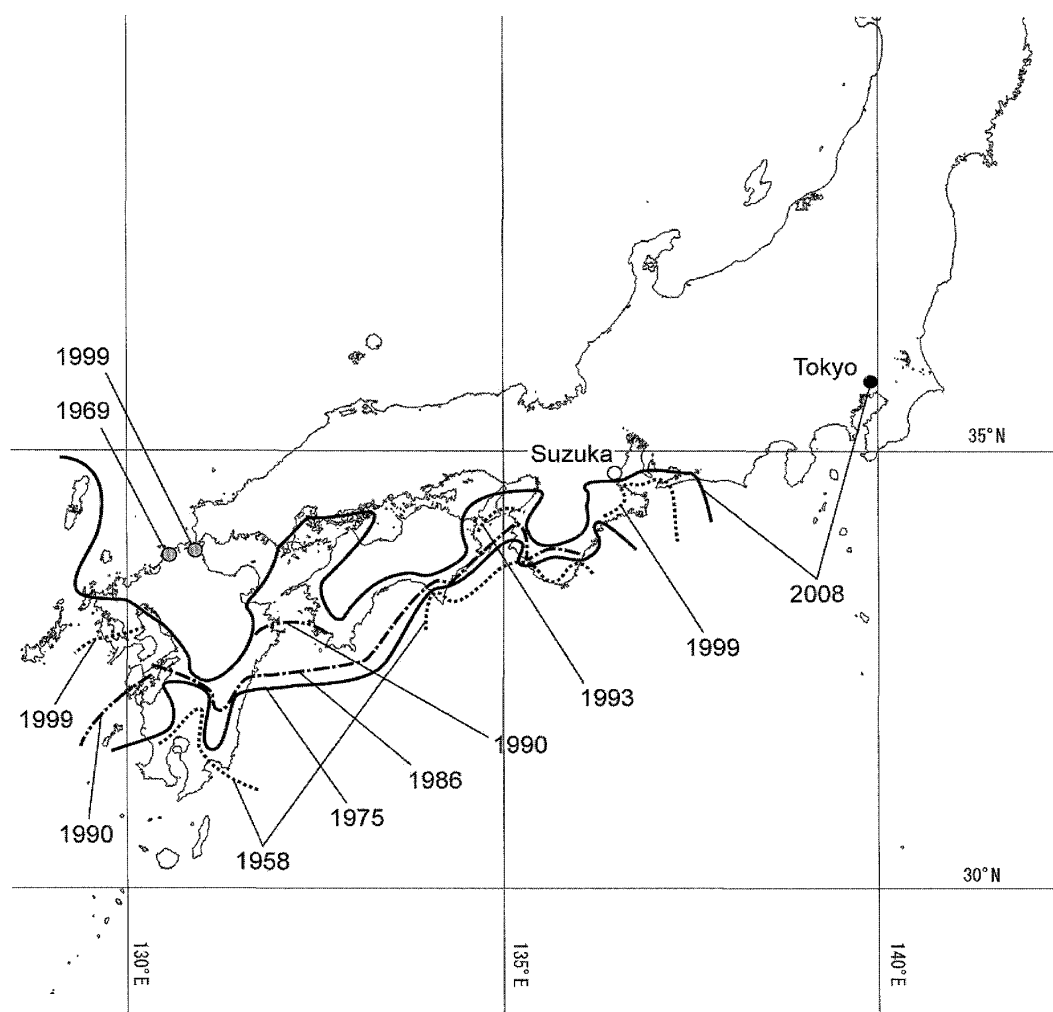



Fig. 19. Change in the northeastern boundary of the distribution of *Acytolepis puspa* in the mainland of Japan. The distribution boundary in 1958 was drawn from Okamoto (1938), Hirayama (1939), Shirôzu (1943), Kimura (1949), Shinkawa (1951), Yamamoto (1952), Fukuda (1955), Iwase (1955), Tarui (1955), Shiwaike (1956), Shoji (1956), Tanaka (1957*a*, *b*) and Shirôzu (1958), that in 1975 from Fujioka (1975), that in 1986 from Inomata (1986) and Nakajima (1986), those in 1990 from Isami (1990), Miyake (1990), Ômae (1990) and Shoji & Tôyama (1990), that in 1993 from Ono (1990) and Matsuno & Ono (1994), those in 1999 from Takahashi (2000), Nakamura (2000) and Nakanishi (2000*b*), and that in 2008 from Kikuhara (2000), Nakanishi (2004), Sugimori (2005), Kubota (2006), Miyake (2006), Nishida (2006), Shigenaka (2006), Shirôzu (2006) and Kishi (2008). Although one female of this species from Awaji Island has been reported by Ishihara *et al*. (1973), we excluded this record from the map, since the individual is probably accidental (Hirohata & Kondo, 2007). The gray dots in 1969 and 1999, which were put from Imaizumi (1977) and Okumura (2000), are also considered as accidental. The black dot indicates the locality (the University of Tokyo) where this species was recorded in this study. The white dot indicates the original home of possible hostplants (Suzuka City and its surroundings, Mie Pref.), *Rhododendron indicum* and *R. pulchrum*, which were recently transplanted in the University of Tokyo.

年4月に千葉県香取郡多古町から移植されたことが明らかとなった. これらのうち, 現在知られているヤクシマルリシジミの分布圏内から移植されたものは厳密にはない. しかし, ツツジ属2種の原産

地である三重県鈴鹿市周辺というのが，近年拡大してきた本種の分布圏と接近しており，その距離は記録のある三重県北限の松坂市あるいは愛知県知多半島から20–30 kmほどしか離れていない (Fig. 19). そのため，近年の温暖化現象などによる生息地の北上によって，本種の分布が鈴鹿市周辺へ到達している可能性が大きい．事実，本種が鈴鹿市で確認されたという噂もある．これまで生息地内で本種がツツジ類を酷く食害しているような報告はされておらず，これからも大害虫となることはないであろうが，もしこの仮説の通りとすると，鈴鹿市は国内でも有数のツツジ類の生産地であるため，今後サツキなどのツツジ類の植栽を介して，国内各地に分布を拡大させる可能性が非常に高い．実際に栽培ツツジ類は本種の良好な食餌植物のようである (岩田, 1991, 1993). 今後の三重県における本種の詳細な北限調査，さらには現在の空白地帯における各地での分布調査が強く求められる．

ところで，この仮説が正しいとすれば，いつ頃に東京へ侵入し，発生してきたかという疑問が残る．ツツジ類が植栽されたのは2007年10月と2008年4月で，移植前後に農薬などは一切使用されていないことが聞き取り調査によって判明している．また，本種がツツジ類を食樹として利用しやすいのは，新葉で記録がある夏季 (岩田, 1993) あるいは花蕾を多く付ける4–5月である．さらに，昨年の秋に導入されて今日まで発生しているのであれば，もう少し発生個体数が多く，発生時期にもばらつきが見られるはずである．これらのことから推測すると，今年4月のツツジ類の植栽によって花蕾に付いた本種の卵あるいは幼虫が導入されたのかもしれない．その後の春から初夏にかけては，ミズキやアカメガシワの花蕾，カシ類やマテバシイ，サクラ類，ツツジ類の新葉など，今日まで継続発生できる植物は東大構内に多い．事実，初記録となる1♀が得られたのは，花期が終わりかけたアカメガシワの下であった．

このように，今回記録されたヤクシマルリシジミの分散経路は正確に判明しなかったものの，自らの飛来個体による自然発生よりも，むしろ植栽による人為的導入の可能性が高いと考えられた．ただし，菊池・戸沢 (2002) でも指摘されているような温暖化現象を主要因とする本種の分布拡大が，今回の関東圏への侵入にも大きく影響していることは疑いなさそうである．今後は本種の動向を継続して調査するとともに，国内での分布拡大の実態と分布境界域での気温の変化を分析し，耐寒性実験なども含めて日本における本種の分布拡大要因をより実証的に解明することが必要であろう．

謝　辞

本稿の作成にあたり，東京大学大学院農学生命科学研究科の久保田耕平准教授には東京大学キャンパス内生物相調査の昆虫担当として共同調査を実施頂いた際にお世話になった．また，同研究科の田付貞洋教授，砂村栄力氏にも同調査の昆虫担当としてご協力頂いている．鳩山邦夫氏，新川　勉氏，中西元男氏，小岩屋敏氏，小野克己氏，小野寺博昭氏，杉原由一氏，津吹　卓氏，三嶋　朗氏，山本卓司氏，山本直樹氏，山田　守氏，勝山礼一朗氏，近藤真理子氏，窪田聖一氏，大西　剛氏および鳴門教育大学の小野瀬雅人教授，小汐千春助教，農業生物資源研究所の井上A. 尚博士，北九州市立自然史・歴史博物館の上田恭一郎博士，大阪府立大学の平井規央助教には今回得られた個体と比較するための本種の各地サンプルや多大な資料，情報を譲り受けた．特に中西元男氏には近年の北東限に関する多くの重要な文献，情報のご教示を賜った．日本鱗翅学会前会長の高橋真弓氏，元東京大学産学連携本部の徳永威久博士にも本種の分布に関する貴重な情報を頂いている．M. Appleton博士，J. Daltry博士，H. Q. Hùng博士，M. B. Mohamed博士，A. L. Monastyrskii博士，P. O. Ngakan博士，J. Belicek氏，T. Q. Bích氏，D. Bradfield氏，A. Bradfield氏，L. Chong氏，C. Chuon氏，N. T. Dien氏，L. V. Hào氏，M. Kunthea氏，N. Thuyet氏には海外のサンプルに関する許可や英文校閲の面でご支援頂いた．東京大学本部環境グループの戸田宏之氏には知のプロムナードに関する情報面で大変お世話になった．(株) ニチノー緑化の橋本弘至氏，加勢造園 (株) の西田喜一郎氏，松村園芸 (株) の鎌田伸幸氏，(株) 三重垣一園芸の垣見俊二氏からは東京大学構内への植栽した植物の種類やその時期，流通ルートに関する情報で多大なご助力を頂いた．これらの諸氏ならびに関係者各位に対して心からお礼を申し上げる．

本研究は東京大学本部環境グループの許可および矢後による文部科学省科学研究費補助金・奨励研究 (Nos 19916010 , 20918015) の下で行われたものである．

引用文献

Eliot, J. N., 1973. The higher classification of the Lycaenidae (Lepidoptera): a tentative arrangement. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist.* (Ent.) **28**: 371–505, 6 pls.

———— (Ed.), 1992. *The Butterflies of the Malay Peninsula* (4th Edn rev.) x, 595 pp., 69 pls. Malayan Nature Society, Kuala Lumpur.
Eliot, J. N. and A. Kawazoé, 1983. *Blue Butterflies of the Lycaenopsis Group*. 399 pp. British Museum (Natural History), London.
江村 薫, 2002. 関東地方におけるチョウ目の分布拡大. 昆虫と自然 **37** (1): 16–20.
Felsenstein, J., 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using bootstrap. *Evolution* **38**: 16–24.
Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R. and R. Vrijenkoek, 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biot.* **3**: 294–299.
藤岡知夫, 1975. 日本産蝶類大図鑑. 312 pp., 142 pp., 137 pls. 講談社, 東京.
福田晴夫, 1955. 鹿児島県のルリシジミ属について. *Satsuma* **4** (2): 16–20.
福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之, 1984. 原色日本蝶類生態図鑑 3. 373 pp. 保育社, 大阪.
Gompert, Z., Nice, C. C., Fordyce, J. A. and M. L. Forister, 2006. Identifying units for conservation using molecular systematics: the cautionary tale of the Karner blue butterfly. *Mol. Ecol.* **15** (7): 1759–1768.
長谷川好昭, 1999. 1998 年のヤクシマルリシジミ. ひゃくとりむし (195): 2335.
平山修次郎, 1939. 原色蝶類図譜. 194 pp. 三省堂, 東京.
広畑政巳・近藤伸一, 2007. 兵庫県の蝶. 6 pp., 331 pp. 個人出版.
今泉 晃, 1977. ヤクシマルリシジミ福岡県宗像郡の記録. 月刊むし (79): 28.
猪又敏男 (編), 1986. 大図録日本の蝶. 499 pp. 竹書房, 東京.
磐瀬太郎, 1955. 白井忠治氏採集本州産ヤクシマルリシジミ第 1 号. あきつ **4** (3): 84.
岩田 靖, 1991. 宮崎産ヤクシマルリシジミの食性に関する知見. 蝶研フィールド **6** (7): 16–19.
————, 1993. 宮崎産ヤクシマルリシジミの食性に関する知見 (II). 蝶研フィールド **8** (1): 18–23.
勇 定則, 1990. 鹿島でヤクシマルリシジミ採れる! コミスジ (9): 1.
石原 保・宮武睦夫・久松定成・田口英成・友国雅章・古木芳枝・酒井雅博・木下信一・伊藤研, 1973. 本四架橋ルートの島々の昆虫相. 本州四国連絡架橋に伴う周辺地域の自然環境保全のための調査報告書. 学術調査編: 動物部門 (本州四国連絡橋公団委託): 153–198. 財団法人国立公園協会, 東京.
Kato, Y. and T. Yagi, 2004. Biogeography of the subspecies of *Parides* (*Byasa*) *alcinous* (Lepidoptera: Papolionidae) based on a phylogenetic analysis of mitochondrial *ND5* sequences. *Syst. Ent.* **29**: 1–9.
菊原勇作, 2000. 松山市太山寺町でヤクシマルリシジミを採集. 愛蝶会ニュース (90): 1.
菊地泰雄, 2005. 2003～2004 年の愛知県および静岡県西部のヤクシマルリシジミ調査結果. 蝶研フィールド **20** (8): 24–26.
菊地泰雄・竹内克弥, 2006*a*. 2005 年愛知県および静岡県西部のヤクシマルリシジミ調査結果. 駿河の昆虫 (214): 5948.
————, 2006*b*. 静岡県湖西市でヤクシマルリシジミの幼虫・卵を採集. 蝶研フィールド **21** (1): 26.
菊地泰雄・戸沢幹夫, 2002. 2001 年愛知県知多渥美半島のヤクシマルリシジミ調査結果. 蝶研フィールド **17** (11): 16–17.
木村 茂, 1949. ヤクシマルリシジミ春生の記録及新産地. 新昆虫 **2** (4): 38.
岸 一弘, 2001. 南関東における南方系チョウ類の北上について. 昆虫と自然 **36** (4): 40–43.
岸 勘治, 2008. 大阪府におけるヤクシマルリシジミの採集記録. 南大阪の昆虫 (10): 22-24.
北原正彦・入來正躬・清水 剛, 2001. 日本におけるナガサキアゲハ (*Papilio memnon* Linnaeus) の分布の拡大と地球温暖化の関係. 蝶と蛾 **52**: 253–264.
窪田聖一, 2006. 愛媛県産成蝶の採集記録 (2005 年版). いよにす (22): 73–80.
京都大学蝶類研究会編, 2006. 2005 年日本産蝶類情報. *Spinda* (21): 135.
松野 宏・小野克己, 1994. 淡路島でヤクシマルリシジミの発生を確認. 蝶研フィールド **9** (5): 27.
三宅 武, 1990. 大分県におけるヤクシマルリシジミの追加記録. 二豊のむし (23): 9.
————, 2006. ヤクシマルリシジミを狭間町で採集. 二豊のむし (44): 45.
中島英貴, 1986. ヤクシマルリシジミを天草で発見. 熊本昆虫同好会報 **32** (1): 4.
中村和正, 2000. ヤクシマルリシジミの採集記録. こがねむし (63): 36.
中西元男, 2000*a*. 渥美半島のヤクシマルリシジミ. 佳香蝶 **52** (202): 34.
————, 2000*b*. 伊勢湾回廊で移動分布拡大する蝶. ひゃくとりむし (213): 2545–2549.
————, 2002. 知多半島のヤクシマルリシジミ. 佳香蝶 **54** (209): 10.
————, 2004. 高見山のヤクシマルリシジミ. ひらくら **48** (4): 62.
西田圭志, 2006. 大牟田市でヤクシマルリシジミを採集. *Korasana* (73): 20.
岡本 啓, 1938. 高知県産蝶類雑記. 虫の世界 **2** (7/8): 157–159.
奥村正美, 2000. 福岡県におけるヤクシマルリシジミの記録 (予報). 北九州の昆蟲 **47** (1): 36.
大前 晋, 1990. 鹿児島県の島嶼の昆虫. *Vitae* (31): 63–69.

小野克己, 1990. 大阪府岬町でヤクシマルリシジミの卵・幼虫を確認. 蝶研フィールド **5** (5): 27–28.
Rambaut, A., 1996. *Se-Al*: *Sequence Alignment Editor*. Evolutionary Biology Group, Department of Zoology, University of Oxford, Oxford. Available from: http://evolve.zoo.ox.ac.uk/software.html/
Ronquist, F. and J. P. Huelsenbeck, 2003. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models. *Bioinformatics* **19**: 1572–1574.
三枝豊平・矢後勝也・小田切顕一・矢田 脩・谷川由希子・西山智明・長谷部光泰・毛利秀雄, 2002. ミトコンドリアDNAのND5領域に基づいて推論されたシジミチョウ科の日本産種の系統関係について (鱗翅目, アゲハチョウ上科) (予報). 蝶類DNA研究会ニュースレター (8): 8–18.
Schwanwitsch, B. N., 1949. Evolution of the wing-pattern in the lycaenid Lepidoptera. *Proc. zool. Soc. Lond.* **119**: 189–263.
重中良之, 2006. ヤクシマルリシジミ光市岩城山と平生町大星山で確認. 山口のむし (5): 28.
小路嘉明・遠山 豊, 1990. 上甑島・諸浦島・獅子島で採集した蝶類. *Satsuma* **39** (102): 17–18.
白水 隆, 1943. 九州産シジミテフ科の数種に就いて. *Zephyrus* **9** (4): 293.
————, 1958. 日本産蝶類分布表. 283 pp. 北隆館, 東京.
————, 2006. 日本産蝶類標準図鑑. 336 pp. 学研, 東京.
志和池昭一郎, 1956. 小林で最初のヤクシマルリシジミ. きりしま **2** (1): 15–16.
庄司忠夫, 1956. 小林でヤクシマルリシジミ. *Acuta* **2**: 5–6.
新川 勉, 1951. ヤクシマルリシジミを採る. モンシロチョウ **2**: 16.
杉森弘昌, 2005. 名張市でヤクシマルリシジミを採集 (三重県). めもてふ (196): 2105.
Swofford, D. L., 2002. *PAUP**: *Phylogenetic Analysis using Parsimony and other Methods* (Ver. 4.0b10). Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. Available from: http://paup.csit.fsu.edu/
高橋英樹, 2000. 佐賀県にヤクシマルリシジミ進出か. 蝶研フィールド **15** (10): 8.
高桑正敏, 2001. 亜熱帯性チョウ2種の関東における発生の謎. 月刊むし (364): 18–25.
竹内克弥. 2008. 静岡県西部におけるヤクシマルリシジミの記録. 駿河の昆虫 (222): 6175.
田中 洋, 1957a. ヤクシマルリシジミ高千穂峯東山麓で採集. 新昆虫 **10** (4): 49.
————, 1957b. ヤクシマルリシジミを宮崎県小林市で採集. 新昆虫 **10** (4): 49.
田中健一, 2005. 朝熊山でヤクシマルリシジミを採集 (三重県). めもてふ (208): 2262.
垂井由継, 1955. 和歌山県那智山でヤクシマルリシジミを採集する. あきつ **4** (2): 30.
津吹 卓・生亀正照, 2008. ツマグロヒョウモンの北上の原因を探る. (1) 東京都日野市におけるツマグロヒョウモンの発生消長およびパンジーの入荷量・栽培方法を基にして. 蝶と蛾 **59**: 154–164.
Whinnett, A., Zimmermann, M., Willmott, K. R., Herrera, N., Mallarino, R., Simpson, F., Joron, M., Lamas, G. and J. Mallet, 2005. Strikingly variable divergence times inferred across an Amazonian butterfly 'suture zone'. *Proc. R. Soc.* (B) **272**: 2525–2533.
八木孝司, 1998. チョウの分子系統研究法 (1). DNAの抽出および塩基配列決定法. 蝶類DNA研究会ニュースレター (1): 4–6.
矢後勝也, 2007. ヤクシマルリシジミ. 矢田 脩 (編), 蝶蛾篇. 新訂原色昆虫大圖鑑 **1**: 72–73. 北隆館, 東京.
Yago, M., Hirai, N., Kondo, M. Tanigawa, T., Ishii, M., Wang, M., Williams, M. and R. Ueshima, 2008. Molecular systematics and biogeography of the genus *Zizina* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Zootaxa* **1746**: 15–38.
矢後勝也・三枝豊平・百々由希子・毛利秀雄・西山智明・長谷部光泰・小田切顕一・矢田 脩, 2004. ミドコンドリアDNAの*ND5*領域に基づいて推論されたシジミチョウ科の系統関係について (鱗翅目, アゲハチョウ上科). 蝶類DNA研究会ニュースレター (12): 51–62.
山本譲三郎, 1952. 高知県におけるヤクシマルリシジミ, タイワンツバメシジミの産地と食餌植物について. げんせい **1** (1/2): 15–16.

Summary

A lycaenid butterfly, *Acytolepis puspa* (Horsfield, 1828), is widely distributed in tropical to subtropical zones of the Oriental region and the southeast of the Palaearctic region, and in Japan it occurs from the southern parts of the Tokai, Kii and Chugoku districts, through the Shikoku and Kyushu, to the Ryukyu Islands. Recently, this species is expanding its distribution range toward the north probably because of global warming. At present, the Tokai district is the northern limit for the species, not only in Japan but also in the world.

In the summer of 2008, we collected or observed seven adults (two males and five females) and three eggs of *A. puspa* at the University of Tokyo, the Kanto district, which is located 230 km northeast to the northern

limit of the species. The eggs were found on young leaves of *Quercus phillyraeoides* (Fagaceae). This is the first record of the species from the Kanto district.

For the purpose of clarifying the dispersal pathway of *A. puspa* found in Tokyo, we initially examined the adult morphology, based on four reared males and three wild and four reared females from Tokyo, five of which were reared from eggs laid experimentally by one female collected at the university. After careful examination of the wing markings in both sexes, we reached the conclusion that these individuals are identified as ssp. *ishigakiana* from Japan. Second, we analyzed genetic variation of the species in Japan (including Tokyo) and the Oriental region, based on the *ND5* and *CO1* regions of mtDNA. As a result, the genetic structure of the species from Tokyo was completely concordant with those from the mainland of Japan. Third, we investigated all possible hostplants of *A. puspa* found at the university. Of them, it turned out that mature trees of *Rhododendron indicum* and *R. pulchrum* (Ericaceae) for gardening were transplanted in the spring of 2008 from Suzuka City and its surroundings, which are very close to the northern limit of *A. puspa* in Mie Pref., the Tokai district. Moreover, this lycaenid butterfly is not yet recorded from Kanagawa Pref. to the eastern area of the Tokai district, which is between Tokyo and the northeastern limit of the species.

In conclusion, *A. puspa* gradually spread its distribution range by the effects of global warming in recent decades, and the northern limit of its distribution in Mie Pref. must have reached Suzuka City. Thus, it could be considered that eggs or larvae of the species could have been introduced from Suzuka to Tokyo, accompanying the transplantation of *Rhododendron* plants.

(Accepted September 10, 2008)

Published by the Lepidopterological Society of Japan,
5-20, Motoyokoyama 2, Hachioji, Tokyo, 192-0063 Japan